

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 7月23日

出願番号 Application Number: 特願2003-200808

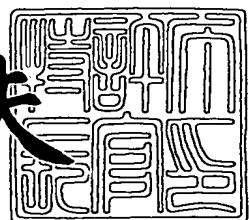
[ST. 10/C]: [JP2003-200808]

出願人 Applicant(s): オリンパス光学工業株式会社

2003年 8月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 03P01374

【提出日】 平成15年 7月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 17/00

【発明の名称】 超音波手術装置

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学
工業株式会社内

【氏名】 田中 一恵

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100076233

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 進

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-339715

【出願日】 平成14年11月22日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013387

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9101363

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波手術装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波振動を発生するための超音波振動子を駆動可能な駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、

前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される駆動信号の位相情報に基づき、前記駆動信号発生手段の発振周波数を制御可能な周波数制御手段と、

前記周波数制御手段を制御し、前記駆動信号を周波数掃引する掃引手段と、

前記掃引手段によって掃引駆動される前記超音波振動子に固有の固有情報に基づいて、前記掃引手段の動作を制御する掃引動作制御手段と

を具備したことを特徴とする超音波手術装置。

【請求項 2】 超音波振動を発生可能な超音波振動子と、該超音波振動子からの前記超音波振動を生体組織に伝達して処置可能なプローブとを有するハンドピースと、

前記ハンドピースを着脱自在に接続し、前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段を有する駆動装置と、

前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される前記駆動信号を掃引可能な掃引手段と、

前記掃引手段で掃引される駆動信号の状態情報に基づいて、前記ハンドピースの特性情報を判別するハンドピース特性判別手段と、

前記ハンドピース特性判別手段の判別結果に基づいて、前記掃引手段の動作を制御する掃引動作制御手段と

を具備したことを特徴とする超音波手術装置。

【請求項 3】 前記ハンドピース特性判別手段は、前記掃引された駆動信号における電圧位相と電流位相との差分量に基づいてハンドピースの特性情報を判別する

ことを特徴とする請求項 2 に記載の超音波手術装置。

【請求項 4】 前記ハンドピース特性判別手段は、前記掃引された駆動信号の電流実効値に基づいてハンドピースの特性情報を判別する

ことを特徴とする請求項2に記載の超音波手術装置。

【請求項5】 前記ハンドピース特性判別手段は、前記掃引された駆動信号の周波数帯域に基づいてハンドピースの特性情報を判別する

ことを特徴とする請求項2に記載の超音波手術装置。

【請求項6】 超音波振動を発生可能な超音波振動子と、該超音波振動子からの前記超音波振動を生体組織に伝達して処置可能なプローブとを有するハンドピースと、

前記ハンドピースを着脱自在に接続し、前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号発生手段を有する駆動装置と、

前記駆動装置に接続されたハンドピースを判別する判別手段と、

前記判別手段の判別結果に基づいて、前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される前記駆動信号を掃引可能な掃引手段と、

前記掃引手段で掃引された駆動信号の状態情報に基づいて、前記掃引手段の掃引速度を制御する掃引速度制御手段と、

前記掃引速度制御手段で掃引速度が可変された駆動信号から前記ハンドピースにおける前記超音波振動子の共振点を検出する共振点検出手段と、

前記共振点検出手段の検出結果と前記駆動信号の位相情報に基づき、前記共振点を追尾制御する追尾制御手段と

を具備したことを特徴とする超音波手術装置。

【請求項7】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号における電圧位相と電流位相との差分量に基づいて前記掃引速度を制御する
ことを特徴とする請求項6に記載の超音波手術装置。

【請求項8】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号の電流実効値に基づいて前記掃引速度を制御する

ことを特徴とする請求項6に記載の超音波手術装置。

【請求項9】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号の周波数帯域に基づいて前記掃引速度を制御する

ことを特徴とする請求項6に記載の超音波手術装置。

【請求項10】 超音波振動を発生可能な超音波振動子と、該超音波振動子

からの前記超音波振動を伝達可能なプローブとを有するハンドピースが着脱自在に接続される超音波駆動装置において、

前記超音波振動子を駆動可能な駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、

前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される前記駆動信号の位相情報に基づき、前記超音波振動子の共振点を追尾制御可能な追尾制御手段と、

前記駆動信号を掃引可能な掃引手段と、

前記掃引手段の掃引速度を制御する掃引速度制御手段と、

前記掃引速度制御手段で掃引速度制御された前記掃引手段によって掃引された駆動信号から前記超音波振動子の共振点を検出し、前記追尾制御手段の動作を制御可能な動作制御手段と

を具備したことを特徴とする超音波駆動装置。

【請求項11】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号における電圧位相と電流位相との差分量に基づいて前記掃引速度を制御する

ことを特徴とする請求項10に記載の超音波駆動装置。

【請求項12】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号の電流実効値に基づいて前記掃引速度を制御する

ことを特徴とする請求項10に記載の超音波駆動装置。

【請求項13】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号の周波数帯域に基づいて前記掃引速度を制御する

ことを特徴とする請求項10に記載の超音波駆動装置。

【請求項14】 超音波振動子を駆動可能な駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、

前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される前記駆動信号を掃引可能な掃引手段と、

前記掃引手段の掃引速度を制御する掃引速度制御手段と、

前記掃引速度制御手段で掃引速度制御された前記掃引手段によって掃引された駆動信号に基づき、前記超音波振動子の共振点を検出可能な共振点検出手段と、

前記共振点検出手段の検出結果と前記駆動信号の位相情報とにに基づき、前記超音波振動子の共振点を追尾制御可能な追尾制御手段と、

を具備したことを特徴とする超音波駆動装置。

【請求項15】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号における電圧位相と電流位相との差分量に基づいて前記掃引速度を制御することを特徴とする請求項14に記載の超音波駆動装置。

【請求項16】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号の電流実効値に基づいて前記掃引速度を制御することを特徴とする請求項14に記載の超音波駆動装置。

【請求項17】 前記掃引速度制御手段は、前記掃引された駆動信号の周波数帯域に基づいて前記掃引速度を制御することを特徴とする請求項14に記載の超音波駆動装置。

【請求項18】 超音波振動子を駆動可能な駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、

前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される前記駆動信号に基づき、前記超音波振動子のインピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、前記駆動信号を掃引可能な掃引手段と、

前記インピーダンス検出手段の検出結果に基づき、前記掃引手段の掃引範囲を設定する掃引範囲設定手段と、

前記掃引手段の掃引速度を制御する掃引速度制御手段と、前記掃引速度制御手段及び前記掃引範囲設定手段の制御の基で前記掃引手段によって掃引された駆動信号に基づき、前記超音波振動子の共振点を検出可能な共振点検出手段と、

前記共振点検出手段の検出結果と前記駆動信号の位相情報とにに基づき、前記超音波振動子の共振点を追尾制御可能な追尾制御手段とを具備したことを特徴とする超音波駆動装置。

【請求項19】 超音波振動子を駆動可能な駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、

前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される前記駆動信号を掃引するために前記駆動信号発生手段の発振周波数を可変する周波数可変手段と、

前記周波数可変手段で可変される前記駆動信号発生手段の周波数変化率を制御

する変化率制御手段と、

前記周波数可変手段及び前記変化率制御手段によって掃引された駆動信号に基づき、前記超音波振動子の共振点を検出可能な共振点検出手段と、

前記共振点検出手段の検出結果と前記駆動信号の位相情報とに基づき、前記超音波振動子の共振点を追尾制御可能な追尾制御手段と

を具備したことを特徴とする超音波駆動装置。

【請求項20】 超音波振動子を駆動可能な駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、該駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される駆動信号を周波数掃引可能な掃引手段と、前記掃引手段を制御する掃引制御手段と、前記掃引手段で掃引された駆動信号の位相情報に基づいて前記超音波振動子の共振動作を検出手段とを有する超音波駆動装置の制御方法において、

前記掃引手段の掃引速度を第1の掃引速度に設定する掃引速度設定ステップと
、 前記第1の掃引速度で掃引された駆動信号を前記第1の掃引速度と異なる第2の掃引速度に変更する速度変更ステップと

を有することを特徴とする超音波駆動装置の制御方法。

【請求項21】 超音波振動を発生可能な超音波振動子と及び前記超音波振動を付与対象に伝達可能なプローブを有するハンドピースを着脱自在に接続して
、前記超音波振動子を駆動するための駆動信号を発生可能な駆動信号出力手段を
有する超音波駆動装置の制御方法において、

前記超音波駆動装置に接続されたハンドピースを判別する判別ステップと、

前記判別ステップの判別結果に基づいて、前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される前記駆動信号の掃引動作を開始する掃引開始ステップと、

前記掃引開始ステップで掃引された駆動信号の状態情報に基づいて、掃引速度を制律する掃引速度制御ステップと、

前記掃引速度制御ステップで掃引速度が可変された駆動信号に基づいて、前記接続されたハンドピースにおける超音波振動子の共振点を検出手段と、

前記共振点検出手段の検出結果に基づき、前記共振点の追尾制御を開始する追尾動作ステップと

を具備したことを特徴とする超音波駆動装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波手術装置、更に詳しくは共振周波数の検出制御部分に特徴のある超音波手術装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、超音波変換器としての超音波振動子を用いる超音波装置は種々提案されており、これは例えば外科用超音波メスや超音波加工装置等が知られている。

【0003】

このような、外科用超音波メスや超音波加工装置に使用される超音波振動子は、その変換効率を高めるため、従来から、その超音波振動子の機械的共振点で駆動することが知られている。

【0004】

機械的共振点に於いて、共振させる手段として最も一般的なのは超音波振動子に加わる電圧と流れる電流の位相を検出し、その位相差が零になるように制御する、いわゆるフェーズ・ロック・ループ（PLL）方式の共振点追尾回路である。

【0005】

これは、共振点で確実に駆動出来たため、超音波振動子に加わる負荷の変化に追従する方法として優れている。

【0006】

しかし、PLLを用いた共振点追尾を行う場合、追尾動作に入る前に、図10に示すように、振動子に接続されたプローブに応じた初期共振周波数（ F_{ro} ）を確実に検出する必要がある。

【0007】

初期共振周波数（ F_{ro} ）は、振動子に接続するプローブの種類、製造上のは

らつき、周囲温度等によって異なる。

【0008】

初期共振周波数（ F_{r0} ）の検出方法としては、例えば、特開2002-45368号公報に示されているように、動作中に変動する共振点でのPLL方式の自動追尾動作に入る前に、出力周波数を掃引し、その途中で電流検知、位相の切り替わり検知により初期共振周波数（ F_{r0} ）を検出したら、PLL動作に移行するというものがある。

【0009】

図11は、この従来技術を説明するもので、超音波振動子114aとプローブ114bから成り F_{r0} の初期共振周波数を持つ超音波振動子114と超音波手術装置100と、超音波手術装置100の超音波出力制御を行うフットスイッチ101からなる。

【0010】

超音波手術装置100は、超音波手術装置100の主な制御を行うCPU102と、接続された超音波振動子の種類を判別するHP判別回路110と、PLL動作を行うPLL制御回路116と、 F_{r0} 検出時に超音波出力の周波数を掃引する掃引回路103と、超音波出力の電圧、電流位相信号の位相差が+から-へ変化したことを検知する共振周波数検出回路113と、SIN波形を生成するDS107から出力されるSIN波形に超音波出力の大きさを設定する設定信号DA1を乗算する乗算器105と、超音波出力の増幅を行う電力増幅器109と、超音波出力の電圧、電流信号の検出を行う検出回路112からなる。

【0011】

術者により、フットスイッチ101がONされると、CPU102より8ビットの初期設定周波数信号（ F_0 ）が掃引回路103へ送信された後、掃引開始信号（/SWEEP_ON）が送信され、初期共振周波数（ F_{r0} ）を検知するための出力周波数の掃引が開始される。この時、初期設定周波数信号（ F_0 ）は、周波数掃引を開始する周波数である。

【0012】

初期共振周波数（ F_{r0} ）検出時の出力設定は、CPU102より4ビットの

出力電流信号がD/A変換器104へ出力される。D/A変換器104に於いて、D/A変換され、乗算器105へ出力される。

【0013】

掃引回路103は、初期設定周波数信号(F_o)を一定間隔でダウンカウントすることにより、掃引信号(F_o')を生成する。初期共振周波数(F_{ro})検出時は、初期設定周波数信号(F_o)は、UP/DOWNカウンタ106をスルーし、駆動周波数設定信号(F_s)となって、DDS107へ入力される。

【0014】

UP/DOWNカウンタ106は、PLL追尾動作時に機能し、周波数追尾を行うために使用する回路であるため、初期共振周波数(F_{ro})検知時ONとなる入力信号PLL_ON信号がONの間のみ動作するように設計されている。

【0015】

DDS107は、駆動周波数設定信号(F_s)に対応したSIN波形の出を行い、DDS107から出力されたSIN波形は、乗算器105へ入力され、CPU102からの出力電流信号を、D/A変換器104に於いてD/A変換した信号DA1との掛け算を行う。

【0016】

乗算器105から出力されたSIN波形は、電力増幅器109にて増幅され、検出回路112を経て超音波振動子114aへ出力され、超音波振動子114aに結合されたプローブ114bを超音波振動させる。

【0017】

検出回路112に於いて、超音波出力(電圧、電流)の位相信号 θ_v (電圧位相信号)、 θ_i (電流位相信号)を検知し、位相比較器108と共に共振周波数検出回路113へ出力する共に、出力電流の実効値|I|を検出し、A/D変換器111を介してCPU102へ出力している。

【0018】

CPU102では、初期共振周波数(F_{ro})検知時の周波数掃引の出力電流実効値|I|をモニタし、実効値|I|が、ある閾値|I|refを超えた場合、位相検知回路113へイネーブル信号/PHA_ENをONとし、共振周波数検

出回路113の動作を開始させる。

【0019】

位相周波数検出回路113は、電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_i の位相差を検知し、図10に示すように、位相差が+から-へ変化するところ（位相差が0のところ）を初期共振周波数（ F_{ro} ）として検知し、PLL_ONをONとする。また、一回の出力周波数掃引時に初期共振周波数（ F_{ro} ）が検出できなかつた場合、前述の初期共振周波数（ F_{ro} ）検出を再度行う（最大2回迄）。

【0020】

PLL_ONがONとなる掃引回路103は、周波数掃引を停止し、検出した共振周波数以上の周波数変化を行わない。

【0021】

また、PLL_ONがONとなることにより、UP/DOWNカウンタ106と、位相比較器108の動作が開始されPLL116により共振周波数追尾が動作する。

【0022】

位相比較器108では、電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_i の位相差を検出し、周波数追尾のために、DDS107からの出力（SIN波形）の出力周波数を上下させる制御信号（以下、UP/DOWN信号）を出力し、UP/DOWNカウンタ106への入力とする。

【0023】

UP/DOWNカウンタ106では、共振周波数検出時に検出した初期共振周波数（ F_{ro} ）と位相比較器108からのUP/DOWN信号に基づき、実際にDDS107から出力する周波数の設定信号である、駆動周波数設定信号（ F_s ）を出力する。

【0024】

次に、このように構成された従来の超音波凝固切開装置でのPLL引き込みまでの処理の流れを説明する。

【0025】

図12に示すように、ステップS101で術者によりフットスイッチ101が

ONされると、ステップS102で初期共振周波数（F_{ro}）検出時の出力設定のために、CPU102より、4ビットの出力電流信号がD/A変換器104へ出力される。D/A変換器104に於いて、D/A変換され、乗算器105へ出力される。

【0026】

そして、ステップS103でCPU102より8ビットの初期設定周波数信号（F_o）が掃引回路103へ送信された後、掃引開始信号（／SWEEP_ON）が送信され、初期共振周波数（F_{ro}）を検知するための出力周波数の掃引が開始される。

【0027】

ステップS104で掃引回数をカウントし、ステップS105で出力電流の実効値|I|が、閾値|I|refを超えたかどうか判断し、出力電流の実効値|I|が、閾値|I|refを超えた場合は、ステップS106で電圧位相信号θv、電流位相信号θiの位相差が+から-へ変化したかどうか判断し、+から-への変化を検知できたならば、初期共振周波数（F_{ro}）として検知し、ステップS107で周波数掃引を停止し、UP/DOWNカウンタ106と位相比較器108の動作が開始され、PLL116による共振周波数追尾が動作する。

【0028】

ステップS105で出力電流の実効値|I|が、閾値|I|refを超えていないと判断すると、ステップS108で掃引回数が2回かどうか判断し、1回目の掃引ならばステップS103へ戻り処理を繰返し、2回目の掃引ならば、ステップS109で警告を発し出力を停止する。

【0029】

【特許文献1】

特開2002-45368号公報

【0030】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、初期共振周波数（F_{ro}）は、超音振動子の種類、超音波振動子に締結されるプローブに於ける種類、周囲温度、プローブの生産上のバラツキによ

り大きく変化するため、広い周波数範囲の掃引を行わなければならない（初期共振周波数（F_{r o}）は、振動子の種類により、周波数帯（20 kHz 帯、40 kHz 帯、100 kHz 帯等）が異なり、プローブのバラツキ、種類により、前述帯域の中でも数 kHz のバラツキが有る）。

【0031】

特に、極わずかのプローブ長さの違いが初期共振周波数（F_{r o}）に大きく作用してしまうため、生産上のバラツキによる初期共振周波数（F_{r o}）のバラツキ範囲は、数 kHz に及ぶため、振動子の種類の判別により掃引する周波数帯域を分けるとしても、周波数掃引範囲は最低限、数 kHz 以上の範囲を持つ必要がある。

【0032】

また、プローブの種類の違いにより、インピーダンスや F1、F2 間の間隔も大きく異なるため、ただ単に、周波数掃引の速度を一概に早くすると、初期共振周波数（F_{r o}）の検出が行えなくなってしまう。

【0033】

概ね、周波数帯域が小さく（例えば 20 kHz 帯域の振動子に締結するプローブ）、インピーダンスの小さいプローブ（長さの短いプローブ）は、周波数帯域の大きく（例えば 40 kHz 100 kHz）インピーダンスの大きいプローブ（長さの長いプローブ）よりも F1、F2 の間隔が大きく、インピーダンスが小さいことが多いため、従来の手法による初期共振周波数（F_{r o}）の検出は行いやすいことが多く、周波数帯域の大きいプローブは、F1、F2 間の間隔が小さく、初期共振周波数（F_{r o}）の検出は行いづらい事が多い。

【0034】

従来の方法では、初期共振周波数（F_{r o}）検出時の周波数掃引速度は、一概に同じにして、すべてのプローブが、確実に初期共振周波数（F_{r o}）検出を行えるようにしていたため、周波数掃引速度が遅く、掃引周波数範囲が広いため、PLL 制御移行迄に時間がかかっていた。

【0035】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、確実で迅速、しかも適切な

初期共振周波数（F_{r o}）の検出を行い、PLL動作へ移行することのできる超音波手術装置を提供することを目的としている。

【0036】

【課題を解決するための手段】

本発明の超音波手術装置は、超音波振動を発生するための超音波振動子を駆動可能な駆動信号を発生する駆動信号発生手段と、前記駆動信号発生手段から前記超音波振動子に供給される駆動信号の位相情報に基づき前記駆動信号発生手段の発振周波数を制御する周波数制御手段と、前記周波数制御手段を制御し前記駆動信号を周波数掃引する掃引手段と、前記超音波振動子の特性に応じて前記掃引手段の動作を制御する掃引動作制御手段とを具備して構成される。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について述べる。

【0038】

第1の実施の形態：

図1ないし図3は本発明の第1の実施の形態に係わり、図1は超音波手術装置の構成を示す構成図、図2は図1の超音波手術装置の構成を示すブロック図、図3は図2の超音波手術装置の変形例の構成を示すブロック図である。

【0039】

本実施の形態の超音波手術装置は、図1に示すように、超音波出力を行う超音波凝固切開装置1と、処置を行うハンドピース2と、超音波凝固切開装置1の超音波出力を制御するフットスイッチ3とから構成される。

【0040】

ハンドピース2は、図2に示すように、それぞれ特有の周波数帯域を持つ振動子2a（20kHz帯域、40kHz帯域、100kHz帯域）と種々の形態を持つプローブ2b（生産上のバラツキにより、数kHzの範囲での初期共振周波数（F_{r o}）のバラツキを持つ）からなり、ハンドピース2は、超音波凝固切開装置1に着脱できるようになっている。

【0041】

そして、超音波凝固切開装置1より供給された電気信号を振動子2aにて機械振動へ変換し、振動子2aに接続されたプローブ2bの機械振動によって処置を行っている。

【0042】

ハンドピース2には、その振動子2bの周波数帯や締結できるプローブ2bのインピーダンス等を判別するための判別抵抗2cが設けられている。判別抵抗2cは、振動子2bの周波数帯（20kHz、40kHz、100kHzなど、おおまかな周波数帯）、出力電流の最大値、インピーダンスの違いによって、定数が異なっている。HP（ハンドピース）判別回路11に於いて、判別抵抗2cの抵抗値を検出し、その検出した結果（周波数帯）をCPU12へ送信する。CPU12では、この結果を基とし、どの種類の振動子が接続されているかを判断する。

【0043】

超音波凝固切開装置1では、図2に示すように術者により、フットスイッチ3がONされると、ハンドピース2の判別結果によって、CPU12により8ビットの初期設定周波数信号（F₀）が掃引回路13へ送信された後、掃引信号（/SWEET_ON）が送信され、初期共振周波数（F_{r0}）を検出するための出力周波数の掃引が開始される。

【0044】

この時、初期設定周波数信号（F₀）は、周波数掃引を開始する周波数である。たとえば、ハンドピース2の初期共振周波数（F_{r0}）が存在する周波数帯が20kHzであれば、30kHzに相当する初期設定周波数信号（F₀）を送信し、ハンドピース2の周波数帯が40kHzであれば、50kHzに相当する初期設定周波数信号（F₀）を送信するものである。

【0045】

また、初期共振周波数（F_{r0}）検出時の超音波出力設定は、CPU12より4ビットの出力電流信号（最大出力の30%）がD/A変換器14へ出力される。D/A変換器14に於いて、D/A変換され、乗算器15へ出力される。

【0046】

また、掃引回路13は、初期設定周波数信号（F_o）を掃引速度制御回路26の出力周波数に従い、ダウンカウントすることにより掃引信号（F_{o'}）を生成する。初期共振周波数（F_{r o}）検知時は、掃引信号（F_{o'}）はUP/DOWNカウンタ16をスルーし、駆動周波数設定信号（F_s）となって、DDS17へ入力される。

【0047】

UP/DOWNカウンタ16は、PLL追尾動作時に機能し、周波数追尾を行うために使用する回路で有るため、初期共振周波数（F_{r o}）検知が終了した事を示す入力信号PLL_ON信号がONの間のみUP/DOWNを行うように設計されている。

【0048】

DDS17は、駆動周波数設定信号（F_s）に対応したSIN波形の出力をを行い、DDS17から出力されたSIN波形は、乗算器15へ入力され、CPU12からの出力電流信号を、D/A変換器14に於いてD/A変換した信号DA1との掛け算を行う。

【0049】

乗算器15から出力されたSIN波形は、電力増幅器19にて増幅され、検出回路20を経てハンドピース2の振動子2aへ出力される。

【0050】

検出回路20において、超音波出力（電圧、電流）の位相信号をθv（電圧位相信号）、θi（電流位相信号）、出力電流の実効値を|I|及び閾値を|I|refとすると、CPU12では、初期共振周波数（F_{r o}）検出中（周波数掃引中）、実効値|I|と閾値|I|refを比較し、|I|>|I|refとなった場合、CPU12にて/PHA_ENをONとし、共振周波数検出回路21へ/PHA_EN信号を送信する。

【0051】

共振周波数検出回路21では、/PHA_ENを受けて、θiとθvの位相差が+から-へ切り替わったことによって初期共振周波数（F_{r o}）を検知する。それにより、PLL制御へ移行するため、PLL_ON信号をONとする。

【0052】

P L L _ O NがONとなると掃引回路13は周波数掃引を停止し、検出した共振周波数以上の変化はしない。

【0053】

また、P L L _ O NはONになることにより、U P / D O W Nカウンタ16の動作が開始され、P L L 4 1による共振周波数追尾が動作する。

【0054】

位相比較器18では、電圧位相信号 θ_v 、電流位相信号 θ_i の位相差を検出し、周波数追尾のためにD D S 1 7からの出力（S I N波形）の出力周波数を上下させる制御信号（以下、U P / D O W N信号）を出力し、U P / D O W Nカウンタ16への入力とする。

【0055】

U P / D O W Nカウンタ16では、共振周波数検出時に検出した初期共振周波数（F r o）と位相比較器18からのU P / D O W N信号に基づき、実際にD D S 1 7から出力する周波数の設定信号である駆動周波数設定信号（F s）を出力する。

【0056】

フットスイッチ3を踏んでから、初期共振周波数（F r o）を迅速に検出するため、掃引速度制御回路24は、位相比較器18によって検知される位相差量を示す8ビット信号（位相差量信号 $\Delta\theta$ ）をD/A変換器23にてD/A変換し、D/A変換器23の出力をV C O 2 5へ出力し掃引回路13のクロックとする。

【0057】

これにより、 θ_i と θ_v の位相差量が大きく、駆動周波数設定信号（F s）が初期共振周波数（F r o）から遠い時には、初期共振周波数（F r o）検出時の掃引速度を速くし、 θ_i と θ_v の位相差量が小さく、駆動周波数設定信号（F s）が初期共振周波数（F r o）に近いときには、初期共振周波数（F r o）検出時の掃引速度を遅くする。

【0058】

従って、プローブの生産時の初期共振周波数（F r o）のばらつきのための広

い範囲の周波数掃引においても、初期共振周波数（ F_{r0} ）から遠いときには、掃引を従来より速くし、初期共振周波数（ F_{r0} ）近傍では、従来通りの掃引速度を保つことで、確実に、しかも初期共振周波数（ F_{r0} ）検出までの時間を短くすることが可能である。

【0059】

つまり、従来一定であった初期共振周波数（ F_{r0} ）検出中の周波数掃引速度を、初期共振周波数（ F_{r0} ）から遠いところでは速くし、初期共振周波数（ F_{r0} ）近傍では従来と同等の速度を保つことにより、確実でしかも従来よりも速く F_{r0} の検出を行うことが可能にするという効果がある。

【0060】

上述では、周波数掃引速度を決定するためのパラメータとして、位相差量 $\triangle\theta$ を用いたが、出力電流の実効値 $|I|$ を検出回路で検出し、その結果を用いてもよい。

【0061】

出力電圧は、初期共振周波数（ F_{r0} ）近傍で小さくなり、初期共振周波数（ F_{r0} ）から離れたところでは大きくなる（図6のインピーダンス曲線に類似した曲線）ので、 $\triangle\theta$ の代わりに、上述実施の形態で用いることが可能である。

【0062】

なお、図3に示すように、周波数掃引速度を変化させるパラメータを出力電流の実効値 $|I|$ とし、閾値 $|I|_{ref}$ との比較によりCPU12から出力される／PHA_ENを用いて、掃引周波数切換回路26で掃引速度の切換をスイッチで速い周波数と遅い周波数を切り替えるようにしてもよく、この場合、第1の実施の形態のと同等の効果を最小限の回路構成の追加で得ることができる。

【0063】

第2の実施の形態：

図4及び図5は本発明の第2の実施の形態に係わり、図4は超音波手術装置の構成を示すブロック図、図5は図4の超音波手術装置の変形例の構成を示すブロック図である。

【0064】

第2の実施の形態は、第1の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0065】

第1の実施の形態では、超音波出力の出力電圧|V|、出力電流|I|、位相差量 $\triangle\theta$ によって、周波数掃引速度を決定していたが、本実施の形態では、図4に示すように、超音波出力をっている超音波周波数を発振周波数検知回路27で検知する。

【0066】

例えば、20kHz付近に初期共振周波数(F_{ro})を持つ超音波振動子は、インピーダンスが低く、F1、F2間が大きく、初期共振周波数(F_{ro})を検出しやすいプローブが多く、40kHz付近に初期共振周波数(F_{ro})を持つ超音波振動子は、インピーダンスが高く、F1、F2間が小さく、初期共振周波数(F_{ro})を検出し難いプローブが多いため、発振周波数検知回路27は、20kHz付近の出力周波数を検知したときには、掃引速度切換手段から高い周波数が発生し、速い速度で周波数掃引を行うように制御し、40kHz付近の出力周波数を検知したときには、掃引速度切換回路26から低い周波数が発生し、遅い速度で周波数掃引を行うように制御を行う。

【0067】

本実施の形態では、 θ_V の周波数を検知することにより周波数掃引速度を切り替えているが、CPU12から出力される初期共振周波数(F_{ro})の値によって、周波数掃引速度を切り替えても同じ効果が期待できる。

【0068】

つまり、発振周波数帯により、初期共振周波数(F_{ro})が検出しやすい周波数帯域の発振では、周波数掃引速度を速くすることにより、従来よりも短い時間で、初期共振周波数(F_{ro})の検出を行うことが可能である。

【0069】

なお、第2の実施の形態では、発振周波数帯域の違いによって、初期共振周波数(F_{ro})検出時の周波数掃引速度を決定していたが、図5に示すように、HP判別回路11の検知結果によって、掃引速度切換回路26が周波数掃引速

度を切り替えるようにしてもよい。

【0070】

この場合、ハンドピース判別用の判別抵抗2cにより、インピーダンスの軽い／重いプローブ、F1、F2間の狭い／広いプローブ等を判別できるように設定し、判別抵抗2cの値によって、その振動子2aに締結できるプローブ2bを判別し、掃引速度切換回路26で、切り替えられるようにしている。

【0071】

したがって、初期共振周波数(F_{r0})を検出しやすいプローブと、検出し難いプローブを判別抵抗によって判別可能にすることにより、初期共振周波数(F_{r0})を検出しやすいプローブは、周波数掃引速度を速くし、従来よりも短い時間での初期共振周波数(F_{r0})検出を可能とする。

【0072】

図5では、HP判別回路11の出力(HP判別信号)を直接入力し、切換を行っているが、前述HP判別信号を入力し、判断しているCPU12から、周波数掃引速度の切換信号を入力してもよい。

【0073】

第3の実施の形態：

図6は本発明の第3の実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示すブロック図である。

【0074】

第3の実施の形態は、第1の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0075】

第1の実施の形態では、一意的の周波数掃引範囲が決定されているが、本実施の形態では、共振周波数検出より前にハンドピース2のインピーダンス特性を測定し、その結果から共振周波数検出時の周波数掃引範囲を決定する。

【0076】

そのため、図9に示すように、出力電圧Vの実効値である|V|も検出回路20によりモニタし、CPU12にてインピーダンスがモニタできるように構成す

る。

【0077】

また、第1の実施の形態では、ハンドピース2の内部に判別抵抗2cを設け、ハンドピースの種類の判別を行っていたが、本実施の形態では、ハンドピース2内にハンドピースに関する情報（例えば、理想的共振周波数、シリアルナンバー、共振周波数検出時の電流基準設定値DA1、タイプナンバー、周波数掃引速度、エラー来歴等）を格納したROM2cを設ける。

【0078】

ROM2cの情報は、HP情報読取回路201にて読み取られ、CPU12へデータが送信される。

【0079】

ハンドピース2が超音波凝固切開装置1に接続されると、HP情報読取回路201が、ROM2cの情報を読み込む動作を開始し、その情報をCPU12へ送信する。

【0080】

CPU12ではROM2cの情報を受けることによりハンドピース2が超音波凝固切開装置1に接続されたことを検知し、ハンドピース2の図6のインピーダンス特性を確認するため、掃引回路13の動作、UP/DOWNカウンタのカウント動作を止めた状態で、出力電流設定を極力低く設定した後、掃引回路13の動作を開始し出力周波数を設定する周波数設定信号をDA1及び|I|により差動增幅器202を介して刻々変化させる。その間、検出回路20、A/D変換器22からの信号を検出することにより、インピーダンスをモニタし、反共振周波数である、F1、F2の周波数値を検知する。

【0081】

フットスイッチ3が術者により操作されると、前述で確認した反共振周波数F1、F2を避けるようにCPU12によって8ビットの初期設定周波数信号(F0)を掃引回路13へ送信する。

【0082】

また、ハンドピース2の種類、または、ハンドピース2内のROMデータに応

じて、共振周波数検出時の電流設定値DA1を変化させ、プローブの特性上、インピーダンス値が大きい、または、用途として負荷がかかりやすく、共振周波数の検出が行い難いハンドピース2は、電流設定値DA1を大きくし、インピーダンス値が小さくて、共振周波数の検出が行いやすいハンドピースに関しては電流設定値DA1を小さくする。

【0083】

第1の実施の形態では、ハンドピース2の種類に応じて、共振周波数検出時の周波数掃引範囲が一意的に決定されているが、本実施の形態では、ハンドピース2に応じて、周波数掃引範囲が設定できる。それにより、フットスイッチ3の操作後の共振周波数検出時にハンドピース2の反共振周波数F1, F2を共振周波数Fr0として誤検知することなく、共振周波数検出をおこなうことが可能である。

【0084】

また、ハンドピース2の種類、または、ハンドピース2内のROMデータに応じて、共振周波数検出時の電流設定を変化させることにより、効率によい、共振周波数検出を行うことが可能である。

【0085】

本実施の形態では、ハンドピース2を接続したときに、インピーダンスによる反共振周波数F1, F2の検知を行っているが、フットスイッチ3とは別の専用スイッチを設けて、それを術者が操作することにより、インピーダンス特性の確認を行うようにしてもよい。また、インピーダンスの特性にはらつきが少なく、その特徴に傾向がある場合は、ハンドピース2内のROMデータに周波数掃引範囲を格納してもよい。

【0086】

また、共振周波数検出時の電流設定に関しても、インピーダンス特性の確認時にインピーダンスの大きさを測定し、そのようにしても良い。大きさに従った共振周波数検出時の電流設定を行うことも可能である。

【0087】

第4の実施の形態：

図7は本発明の第4の実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示すブロック図である。

【0088】

第4の実施の形態は、第3の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0089】

第3の実施の形態では、位相差量 $\Delta\theta$ を検知し、大きさをVCO25に入力し、掃引回路13のクロック速度を変化させることにより周波数掃引速度を変化させていたが、第4の実施の形態では、掃引クロック発生回路203を設け、クロックは一定とする。しかし、位相差量 $\Delta\theta$ を掃引回路13へ入力する。そして、位相差量 $\Delta\theta$ が大きい場合は、共振周波数検出時の掃引周波数のステップを大きく（例えば、10Hz変化させる）し、位相差量 $\Delta\theta$ が小さい場合は、共振周波数検出時の掃引周波数のステップを小さく（例えば、1Hz変化させる）する。

【0090】

上述により、第3の実施の形態のように、周波数掃引時のクロックを変化させなくても、同等の効果を得られる。

【0091】

第5の実施の形態：

図8及び図9は本発明の第5の実施の形態に係わり、図8は超音波手術装置の構成を示すブロック図、図9は図8の超音波手術装置の作用を示すフローチャートである。

【0092】

第5の実施の形態は、第3の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

【0093】

第3の実施の形態では、ハンドピース2の内部にROM2cを設けて、ROM2cの中に共振周波数検出時の電流設定値を格納し、ハンドピース2により共振周波数検出時の電流値設定を変化させることができるようになっているが、第5の実施の形態では、図8に示すように、ROMよりも安価な抵抗2cをハンドピ

ース2内に設け、HP判別回路11は、トランスを含み、そのトランスを介し抵抗2cに電力を供給する。トランスの1次側の電圧値を測定し、インピーダンスを検出する。その値によってハンドピースの種類の判別を行う。

【0094】

前述のハンドピース種類の判別結果はCPU12に送信される、CPU12では、ハンドピース2の種類に応じて、共振周波数検出時の電流設定DA1、周波数範囲設定を行う。

【0095】

例えば、ハンドピース2でも、インピーダンスの高い特性をもつハンドピースに関しては、共振周波数検出時の電流設定を高くし、低いインピーダンス特性を持つハンドピースに関しては、共振周波数の電流設定を低くする。

【0096】

なお、ハンドピース判別回路11で、抵抗2cのインピーダンス値を検知し、ハンドピース2の種類に応じたデジタル信号をCPU12へ送信していたが、電圧値を、A/D22を介しCPU12にて読み込みCPU12にてインピーダンス検知を行っても良い。

【0097】

図12に本実施の形態の制御の流れを示す。図12に示すように、ステップS1にてHP検知を行い、装置に接続されているハンドピース2の種類を検知する。

【0098】

ステップS2にて、ステップS1のハンドピース種類の検知結果を受け、HP1が接続されているのか、HP2が接続されているのか判別を行う。ステップS3、ステップS4にて、共振周波数検出時の電流値の設定を行う。

【0099】

HP1が接続されている場合は、ステップS3にて共振周波数検出時の電流設定値を30%とする。HP2が接続されている場合は、ステップS4にて共振周波数検出時の電流設定値を50%とする。

【0100】

ステップS 5にて、術者によりフットスイッチ3がオンされると、ステップS 6にて、共振周波数の検出開始処理を行う（共振周波数検出のための制御信号をONにするとともに、周波数掃引の開始周波数信号を送信し、また電流設定値を送信する）。

【0101】

そして、ステップS 7にて周波数掃引を行い、ステップS 8にて共振周波数検出のための周波数掃引中、共振周波数を検出できた場合は、ステップS 9にてPLL制御へ移行する。

【0102】

ステップS 9にてPLL制御に移行する際には、CPU12、掃引回路13、UP/DOWNカウンタ16へ共振周波数が検出できることを示す信号を送信し、掃引回路13は、周波数掃引動作をストップする。また、UP/DOWNカウンタ16は位相比較器18からの出力を受けて、出力周波数のUP/DOWNカウントを行う。これにより、PLL制御への移行を可能とする。

【0103】

ステップS 8にて共振周波数の検出ができなかった場合、ステップS 10にて共振周波数検出を行う為の周波数掃引範囲を逸脱したかどうか判断し、逸脱していない場合はステップS 7に戻り、逸脱した場合は、ステップS 11により共振周波数検出回数を判断する。

【0104】

ステップS 11にて共振周波数検出回数が2回であった場合は、それ以上の共振周波数の検出を行わないで、ステップS 12で出力停止、警告を行う。ステップS 11に共振周波数検出回数が1回であった場合には、ステップS 13にてHPの種類を判断する

HP1の場合は、ステップS 14において共振周波数検出電流を40%とし（1回目の共振周波数検出時+10%とする）、ステップS 6に戻る。HP2の場合は、ステップS 15において共振周波数検出電流を70%とし（2回目の共振周波数検出時+20%とする）、ステップS 6に戻る。。

【0105】

すなわち、ステップS6に戻ることで、ステップS14，ステップS15において共振周波数検出電流の設定を変更した後、2度目の共振周波数検出を行う。

【0106】

本実施の形態では、ハンドピースの種類に応じて、共振周波数検出時の電流設定値を変化させる。

【0107】

インピーダンスの高い種類のハンドピースは、共振周波数検出時の電流設定値を大きくすることにより、出力電圧を大きくし、共振周波数の検出を行いやすくする。

【0108】

また、ハンドピースの種類により、1回目の共振周波数検出時の電流設定から、2回目の共振周波数検出時の電流設定への変化量も変化させることにより、より、共振周波数検出時の確実性を増すように制御を行っている。

【0109】

[付記]

(付記項1) 超音波振動子を駆動するための共振周波数を追尾する共振周波数追尾手段と、

接続されたハンドピースの種類を判別するハンドピース判別手段と、

前記超音波振動子に供給されている出力周波数を掃引し、前記電流信号の実効値を基準値と比較し、且つ前記電流信号と電圧信号の位相差が+から-へ切り替わったことを検知することにより前記共振周波数を検出する共振周波数検出手段と、

出力電圧、電流の実効値、位相差の方向、位相差量等、超音波出力に関する物理量を検知する各種検知手段と、

前記各種検知手段の検知結果に従い、前記出力周波数の掃引時の掃引速度を変化させる掃引速度切換手段と、

前記共振周波数検出後、前記共振周波数検出手段から前記共振周波数追尾手段を切り替える制御手段と

を備え、

前記共振周波数検出時の出力周波数掃引時に掃引速度を変化させる
ことを特徴とする超音波手術装置。

【0110】

(付記項2) 超音波振動子を駆動するための共振周波数を追尾する共振周波数
追尾手段と、

接続されたハンドピースの種類を判別するハンドピース判別手段と、

前記超音波振動子に供給されている出力周波数を掃引し、前記電流信号の実効
値を基準値と比較し、且つ前記電流信号と電圧信号の位相差が+から-へ切り替
わったことを検知することにより前記共振周波数を検出する共振周波数検出手段
と、

前記ハンドピース判別手段の検知結果に従い、前記出力周波数の掃引時の掃引
速度を変化させる掃引速度切換手段と、

前記共振周波数検出後、前記共振周波数検出手段から前記共振周波数追尾手段
を切り替える制御手段と

を備え、

前記共振周波数検出時の出力周波数掃引時の掃引速度を前記ハンドピース判別
手段の結果に従い変化させる

ことを特徴とする超音波手術装置。

【0111】

(付記項3) 超音波振動子を駆動するための共振周波数を追尾する共振周波数
追尾手段と、

前記超音波振動子に供給されている出力周波数を掃引し、前記電流信号の実効
値を基準値と比較し、且つ前記電流信号と電圧信号の位相差が+から-へ切り替
わったことを検知することにより前記共振周波数を検出する共振周波数検出手段
と、

超音波振動子の駆動周波数帯域を検出する周波数帯域検出手段と、

前記周波数帯域検出手段の検知結果に従い、前記出力周波数の掃引時の掃引速
度を変化させる掃引速度切換手段と、

前記共振周波数検出後、前記共振周波数検出手段から前記共振周波数追尾手段

を切り替える制御手段と

を備え、

前記共振周波数検出時の出力周波数掃引時の掃引速度を変化させる
ことを特徴とする超音波手術装置。

【0112】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変
えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

【0113】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、確実で迅速、しかも適切な初期共振周波
数（F_{r0}）の検出を行い、PLL動作へ移行することができるという効果があ
る。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示す構成図

【図2】

図1の超音波手術装置の構成を示すブロック図

【図3】

図2の超音波手術装置の変形例の構成を示すブロック図

【図4】

本発明の第2の実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示すブロック図

【図5】

図4の超音波手術装置の変形例の構成を示すブロック図

【図6】

本発明の第3の実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示すブロック図

【図7】

本発明の第4の実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示すブロック図

【図8】

本発明の第5の実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示すブロック図

【図9】

図8の超音波手術装置の作用を示すフローチャート

【図10】

従来の超音波凝固切開装置の共振周波数の検出を説明する図

【図11】

従来の超音波凝固切開装置の構成を示すブロック図

【図12】

図11の超音波凝固切開装置の作用を説明するフローチャート

【符号の説明】

1 …超音波凝固切開装置

2 …ハンドピース

2 a …振動子

2 b …プローブ

2 c …判別抵抗

3 …フットスイッチ

1 1 …H P (ハンドピース) 判別回路

1 2 …C P U

1 3 …掃引回路

1 4、 2 3 …D/A変換器

1 5 …乗算器

1 6 …U P / D O W N カウンタ

1 7 …D D S

1 8 …位相比較器

1 9 …電力増幅器

2 0 …検出回路

2 1 …共振周波数検出回路

2 2 …A/D変換器

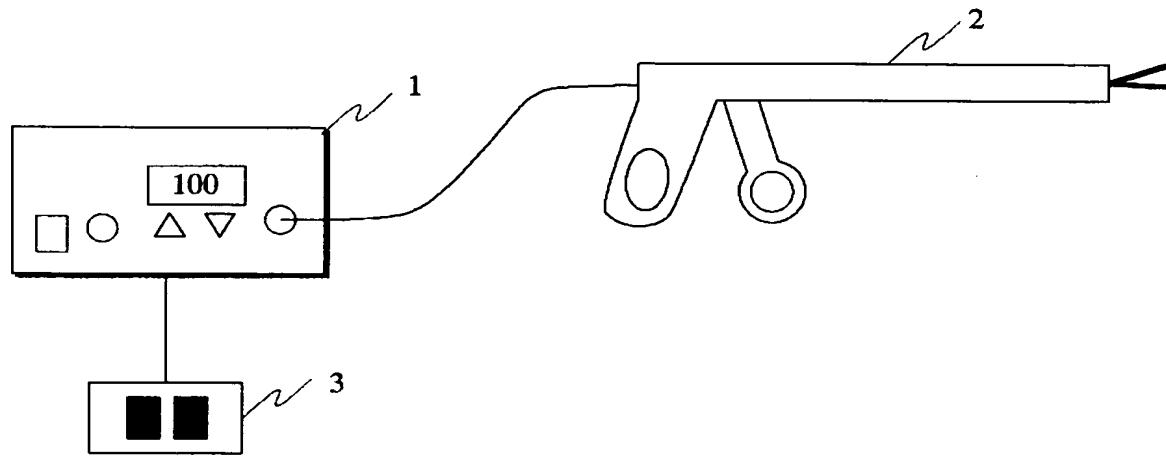
2 4 …掃引速度制御回路

2 5 …V C O

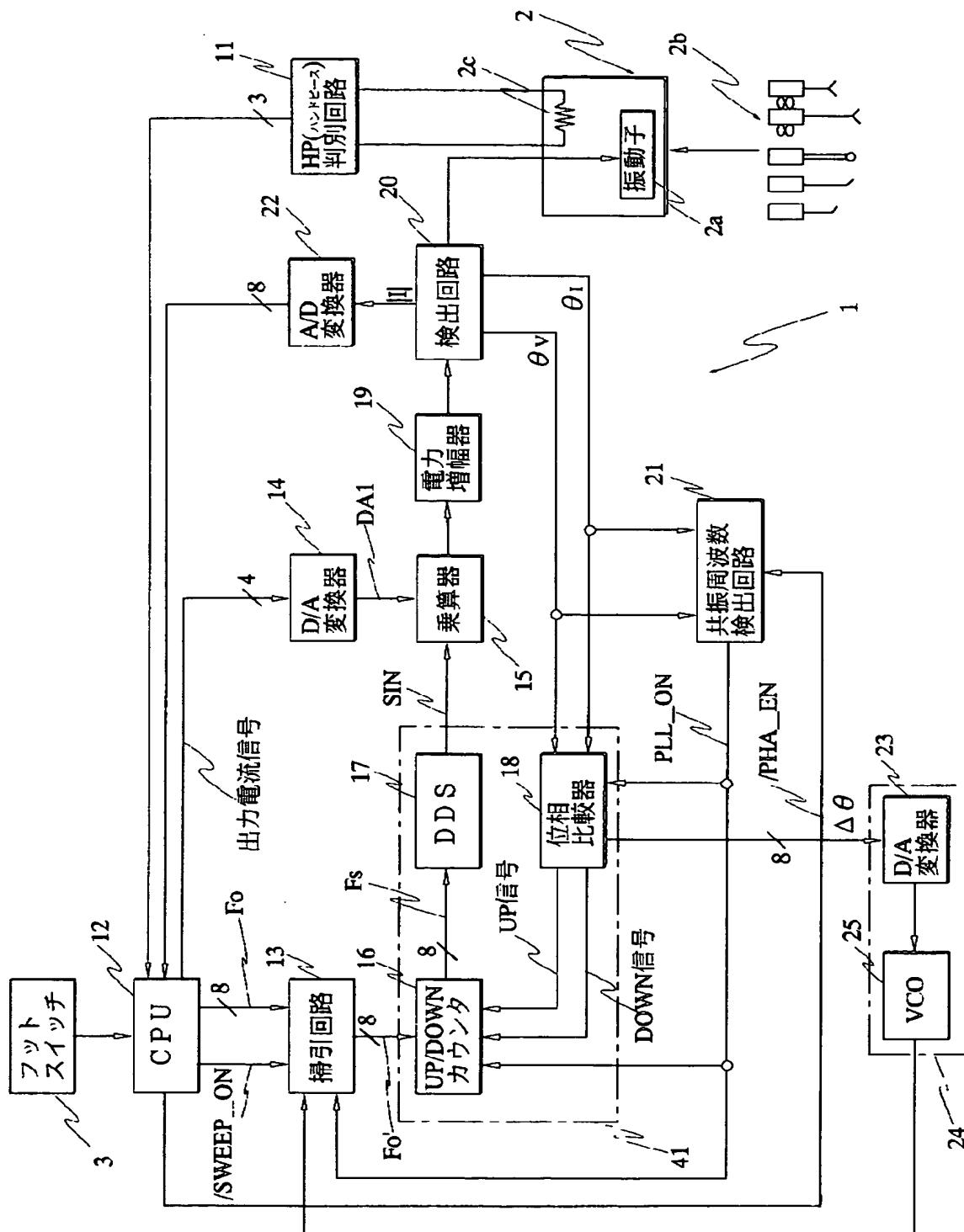
代理人 弁理士 伊藤 進

【書類名】 図面

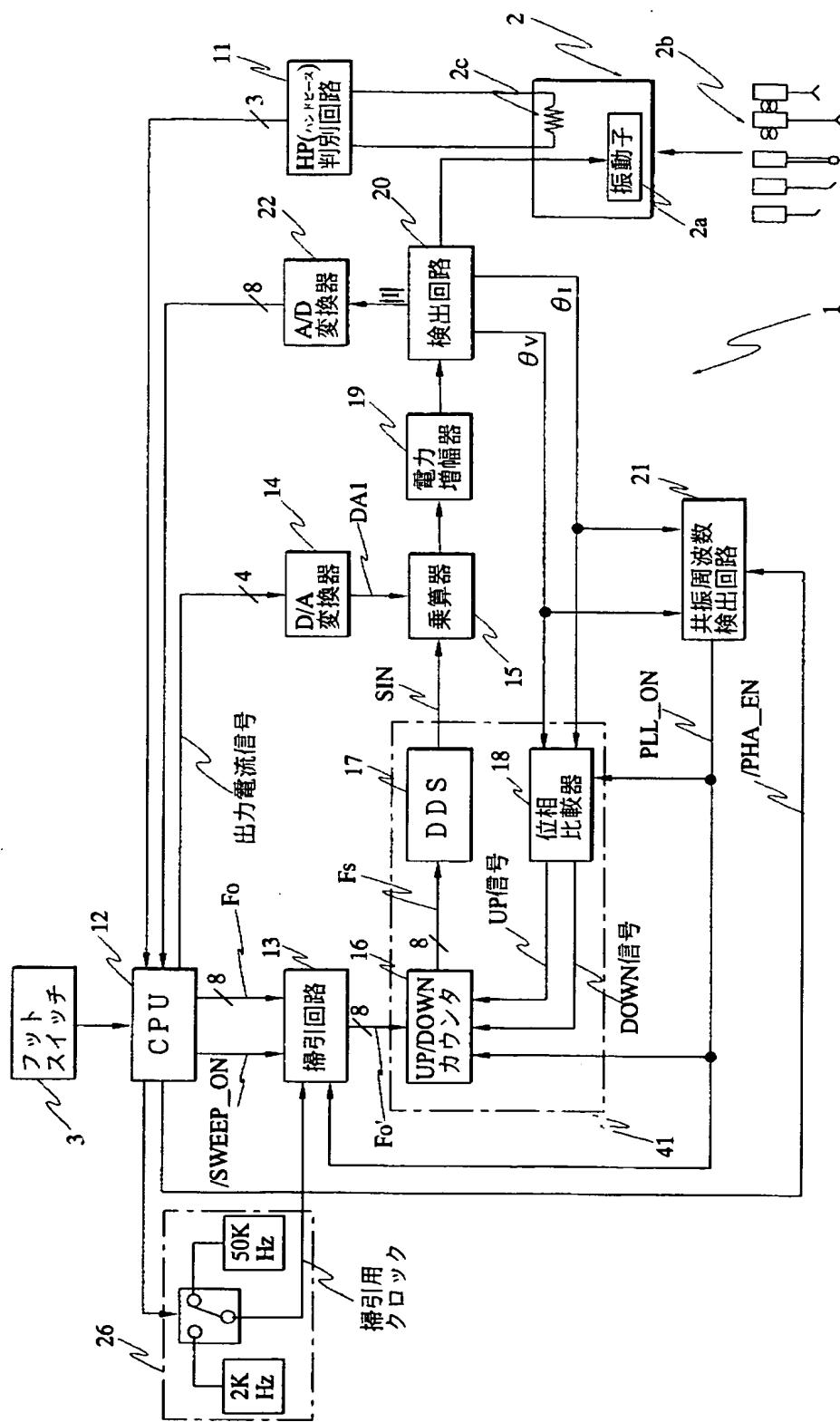
【図1】



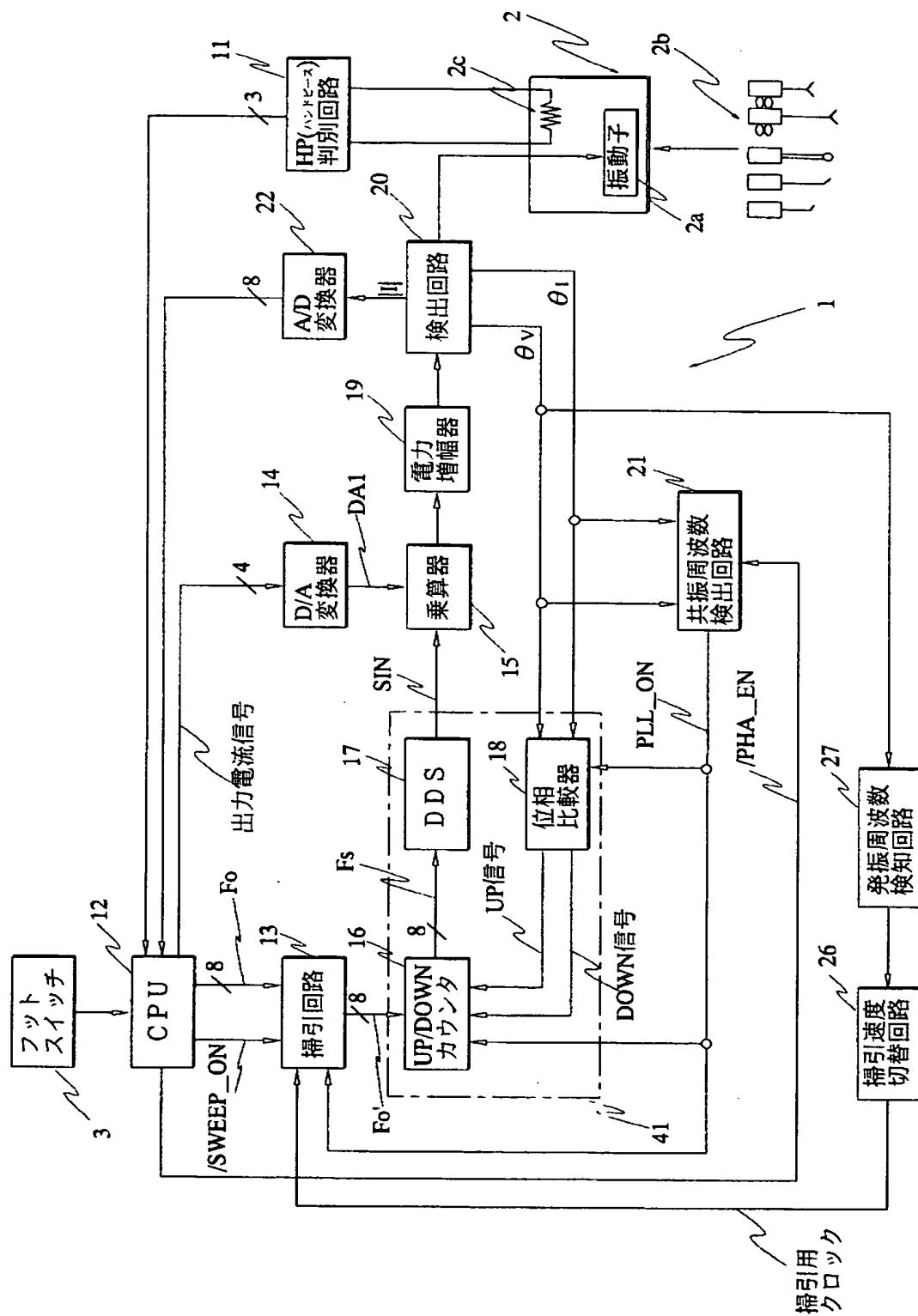
【図2】



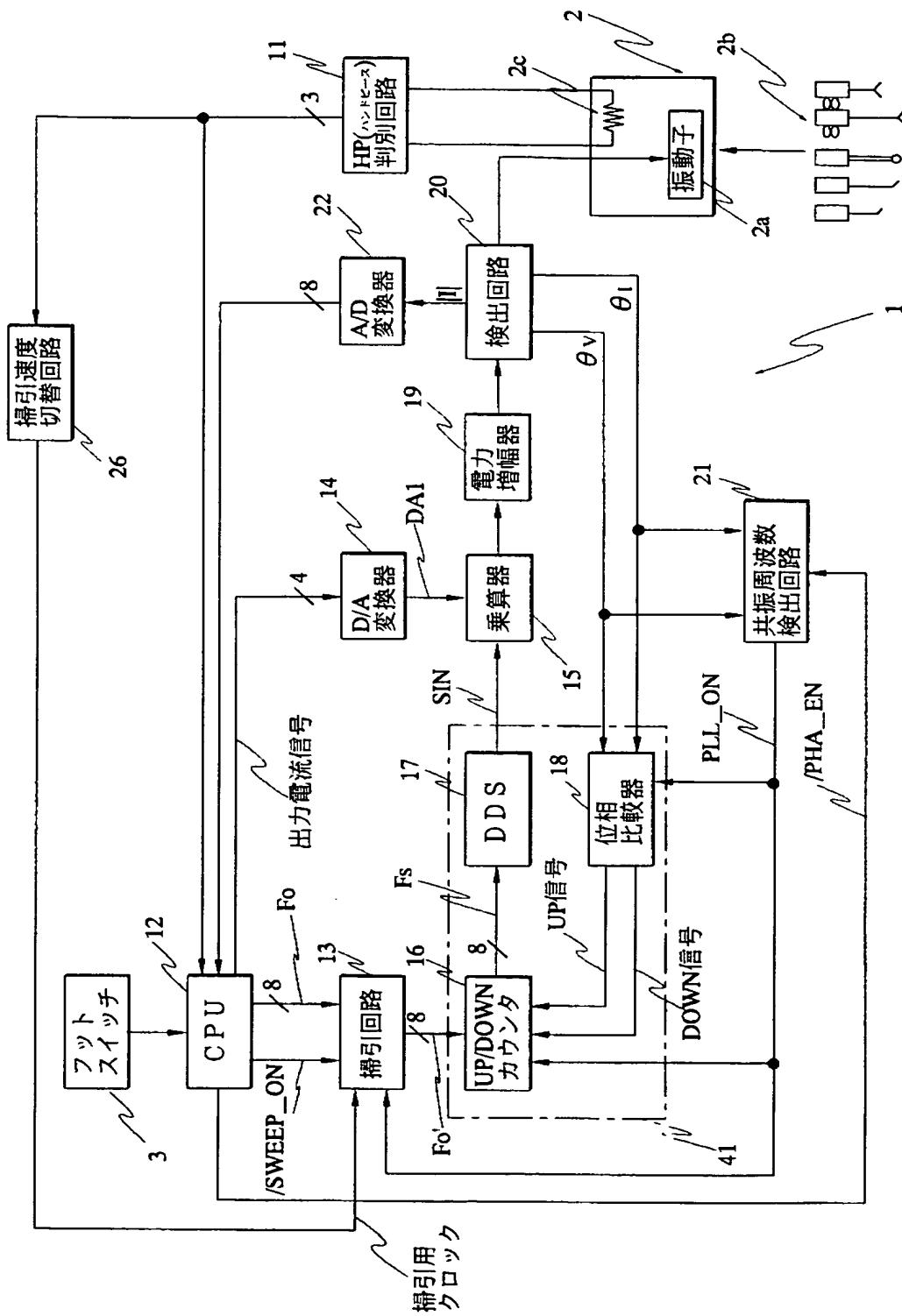
【図3】



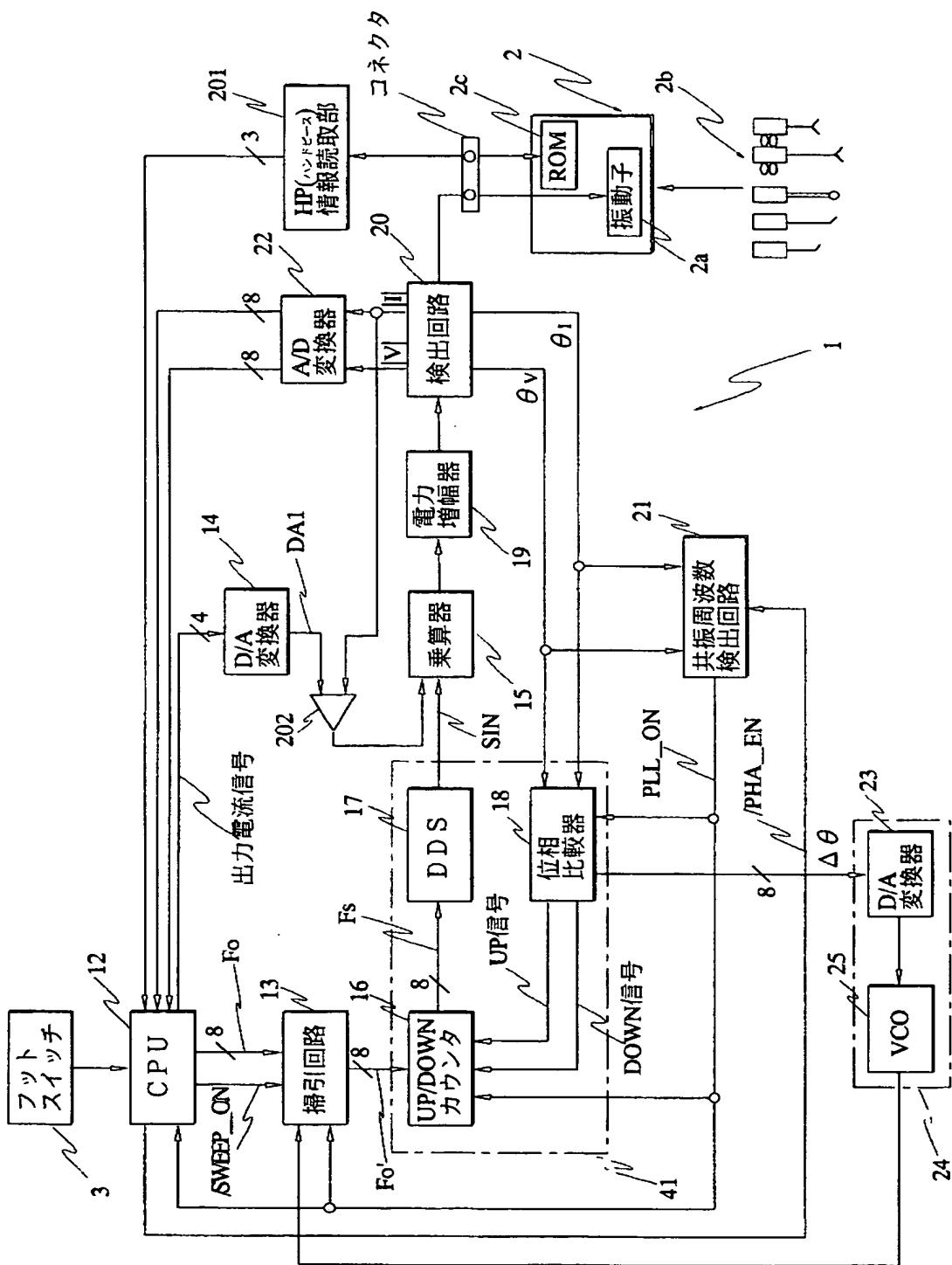
【図4】



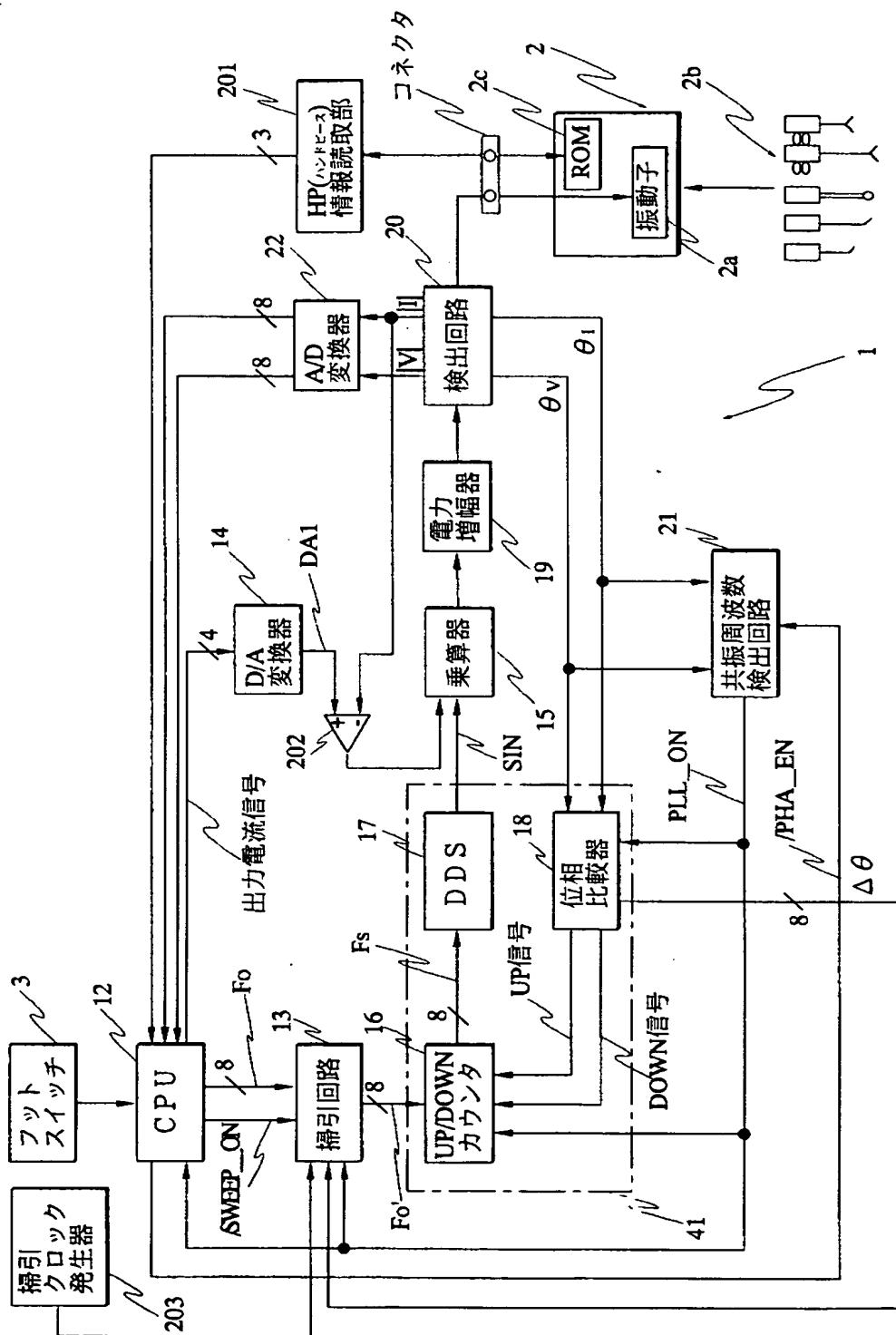
【図5】



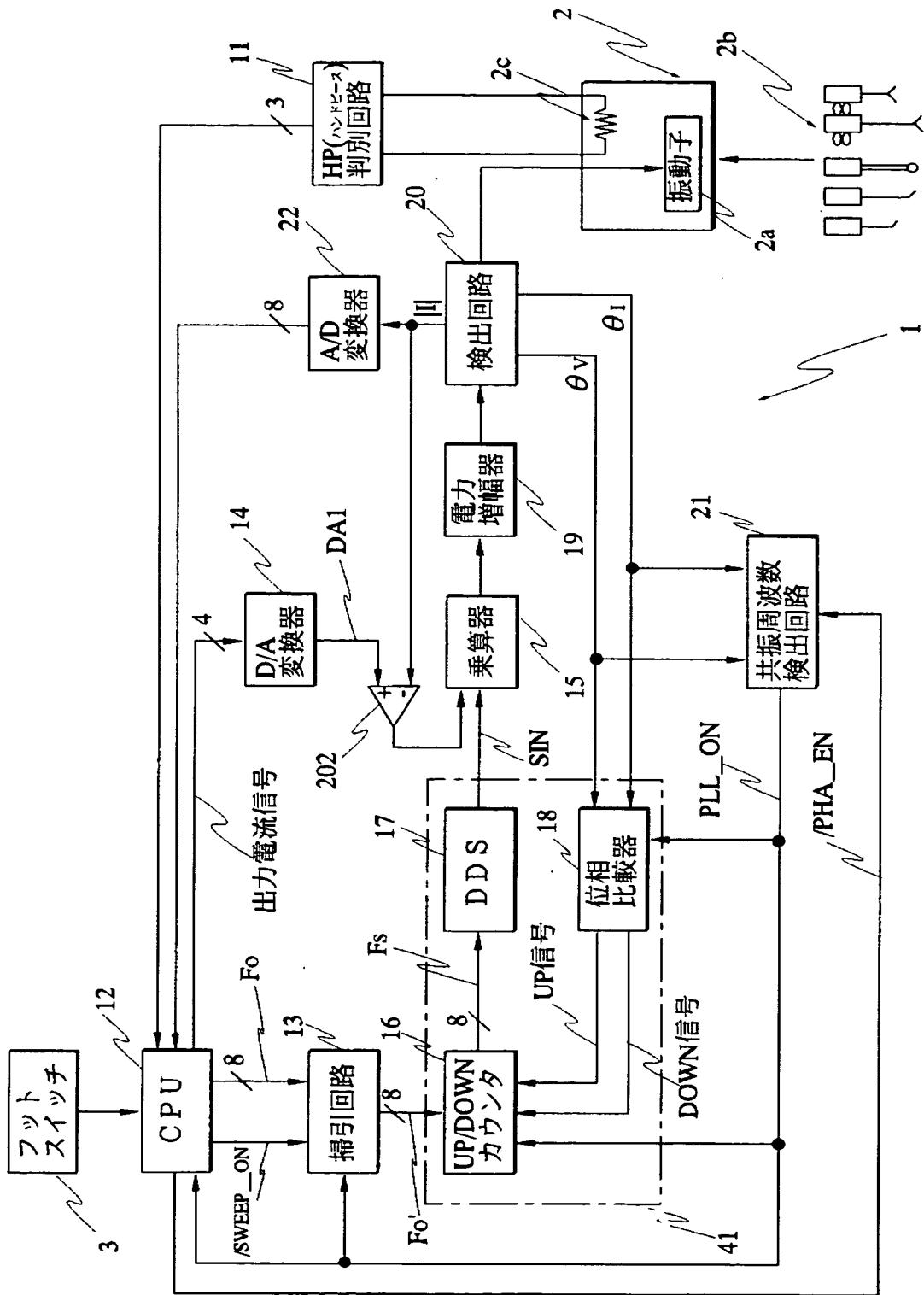
【図 6】



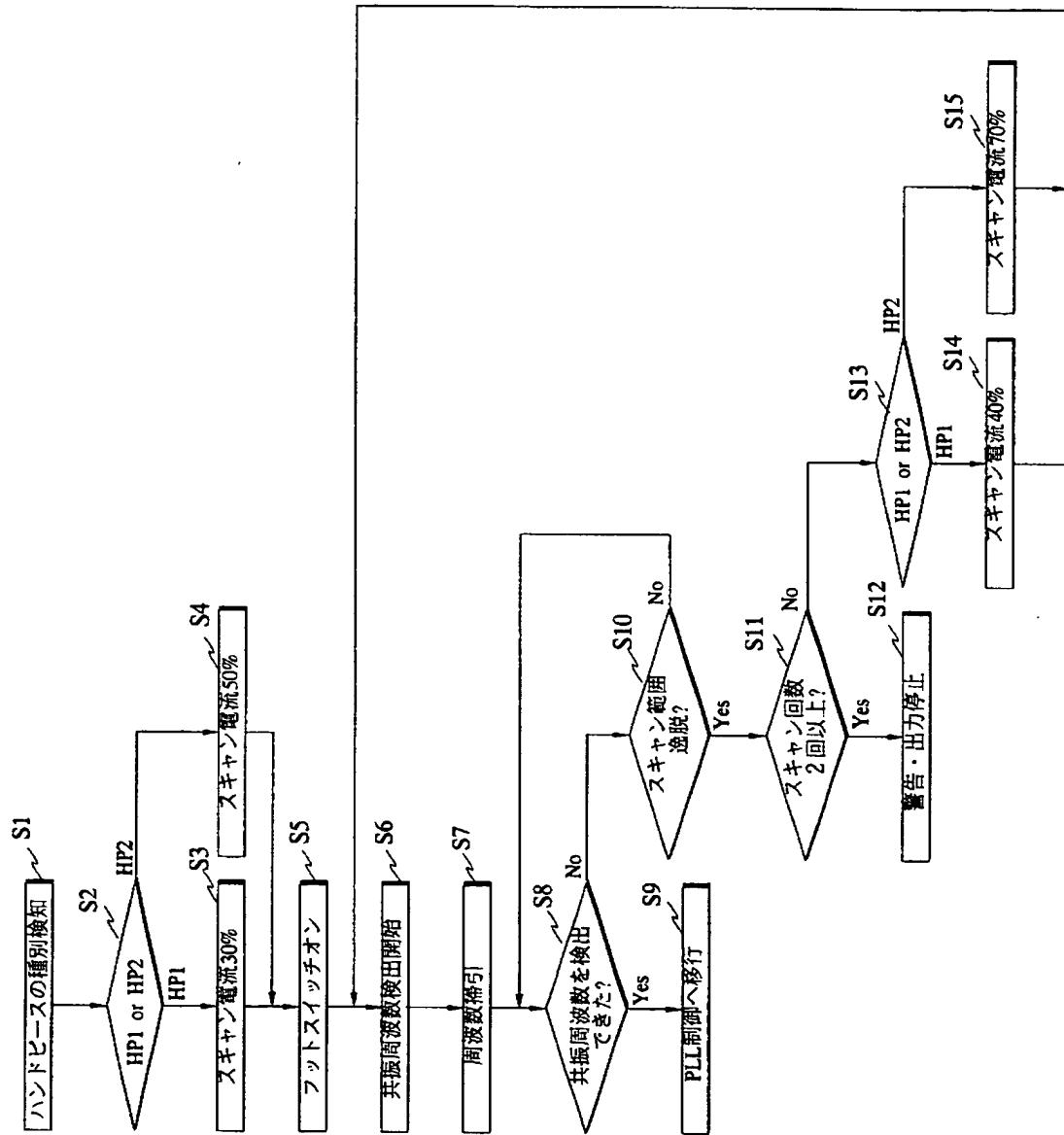
【図7】



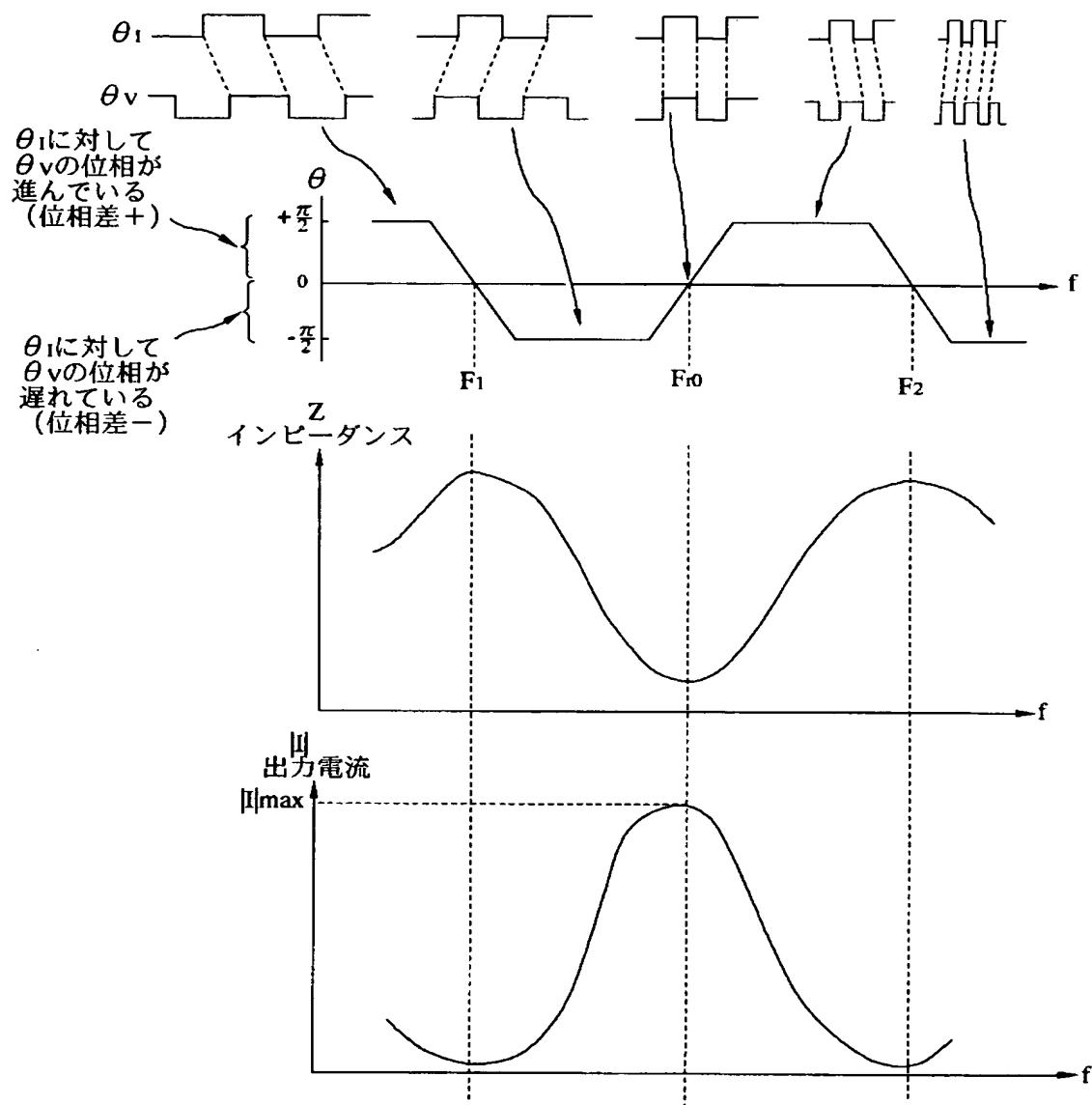
【図8】



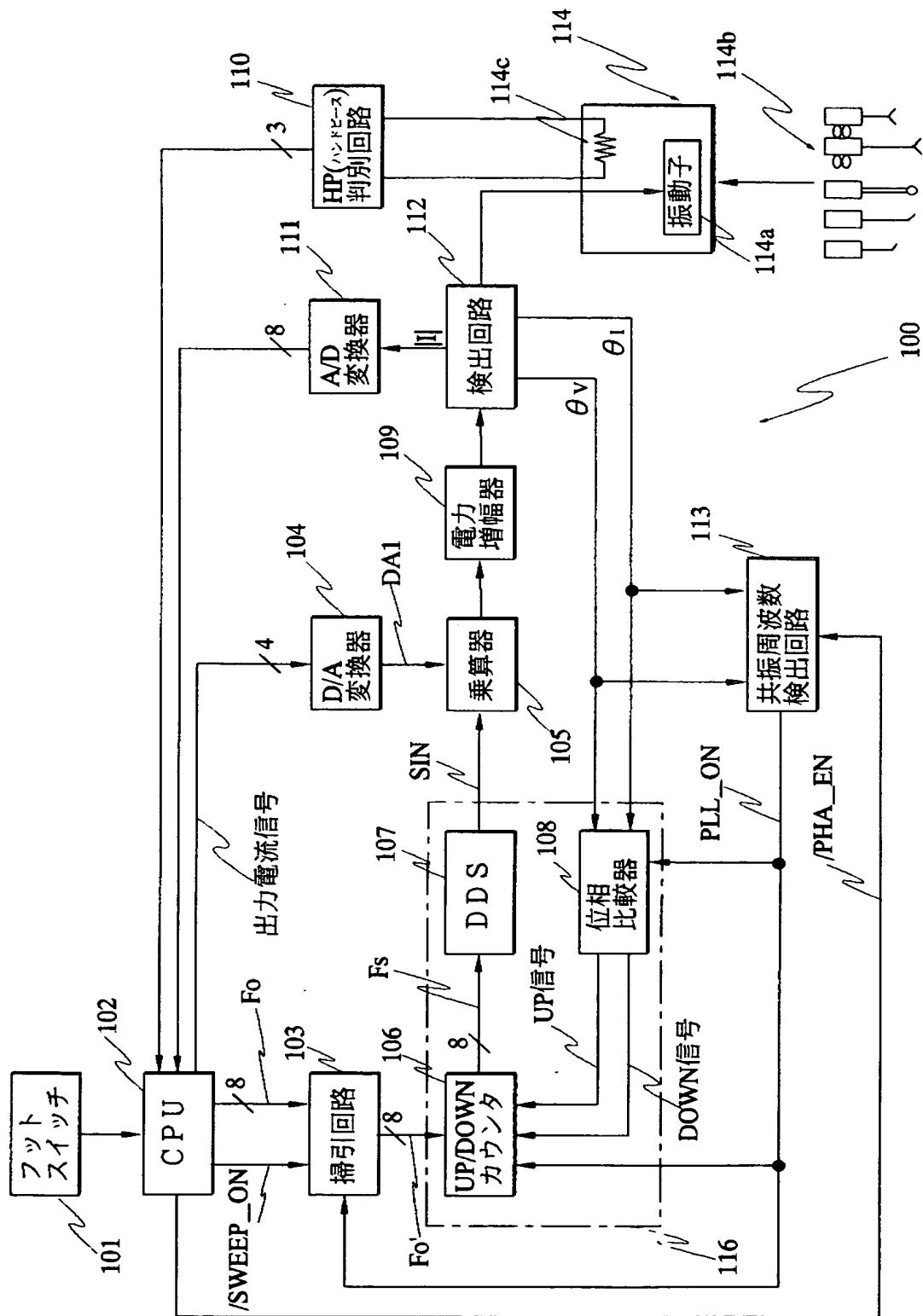
【図9】



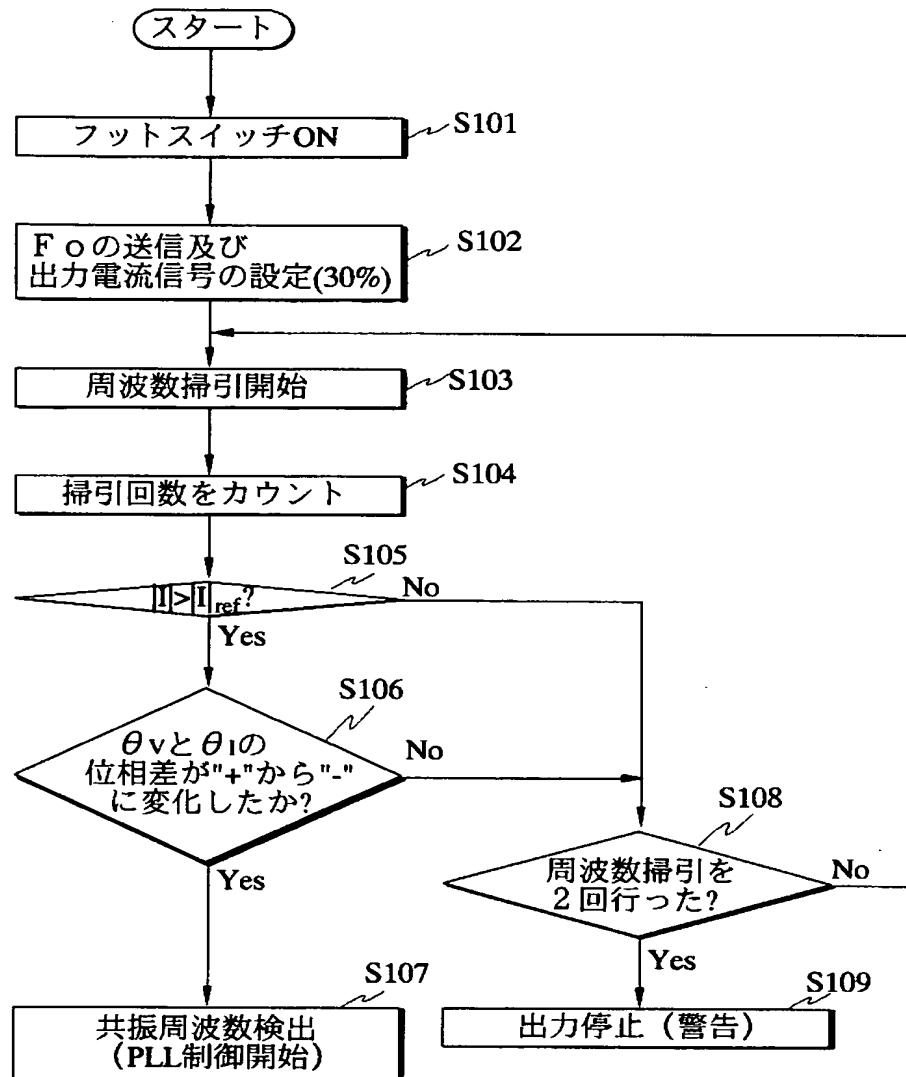
【図10】



【図11】



【図12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 確実で迅速、しかも適切な初期共振周波数（ F_{r0} ）の検出を行い、PLL動作へ移行する。

【解決手段】 フットスイッチ3を踏んでから、初期共振周波数（ F_{r0} ）を迅速に検出するため、掃引速度制御回路24は、位相比較器18によって検知される位相差量を示す8ビット信号（位相差量信号 $\triangle\theta$ ）をD/A変換器23にてD/A変換し、D/A変換器23の出力をVCO25へ出力し掃引回路13のクロックとする。 θ_i と θ_v の位相差量が大きく、駆動周波数設定信号（ F_s ）が F_{r0} から遠い時には、 F_{r0} 検出時の掃引速度を速くし、 θ_i と θ_v の位相差量が小さく、 F_s が F_{r0} に近いときには、 F_{r0} 検出時の掃引速度を遅くする。

【選択図】 図2

特願2003-200808

出願人履歴情報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏名 オリンパス光学工業株式会社